

Projekt z SANGN

Studia dzienne inżynierskie

Semestr 6

48,5pkt/50pkt

Kierunek: **Elektronika i Telekomunikacja**

Grupa dziekańska: **Telekomunikacja 2**

Grupa projektowa: **Zestaw 29**

1. Imię Nazwisko: **Mateusz Miler**

2. Imię Nazwisko: **Daniel Gogoliński**

Data oddania projektu: **20.04.2020**

**Zadanie 1.** Obliczanie zasobów na stykach PSTN/ISDN/GSM z IP (dla węzłów brzegowych  $i = 1, 2$  i  $3$ ).

Dane wejściowe:

Tab. 1.1. Natężenia ruchu oferowanego

Brama(GWi)	$A_i$ [Erl]	✓
1	180	
2	340	✓
3	460	✓

Tab.1.2. Intensywność pakietów w sieci IP

Dostęp $IP_i$	Klasa ruchu RT	Klasa ruchu NRT
$i$	$\lambda_{IP\_i}^{RT}$ [1/s]	$\lambda_{IP\_i}^{NRT}$ [1/s]
1	11000 ✓	12000 ✓
2	13000 ✓	16000 ✓
3	17000 ✓	14000 ✓

Tab. 1.3.Charakterystyka klas ruchu

Klasa ruchu	Parametry opisujące klasę ruchu
IP – VBR1 (RT - mowa)	śr. dł. pakietu ( $l_{RT}=16B$ ), kodek G.729, stos protokołów (RTP/UDP/IP/SDH), $T_{pak}=20ms$
IP – VBR2 (NRT)	śr. dł. pakietu ( $l_{NRT}=1600B$ ), stos protokołów (TCP/IP/SDH)
PSTN/ISDN/GSM na VBR1 (RT)	kodek G.711, stos protokołów (RTP/UDP/IP/SDH), $T_{pak\_G.711}=10ms$

Macierze współczynników zainteresowań ruchu dla klasy RT i NRT:

$$WZ^{RT} = \begin{bmatrix} 0 & 0,1 & 0,4 & 0,2 & 0,2 & 0,1 \\ 0,2 & 0 & 0,2 & 0,2 & 0,2 & 0,2 \\ 0,1 & 0,1 & 0 & 0,4 & 0,2 & 0,2 \\ 0,1 & 0,2 & 0,2 & 0 & 0,3 & 0,2 \\ 0,2 & 0,3 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0,2 \\ 0,2 & 0,3 & 0,2 & 0,2 & 0,1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$WZ^{NRT} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,6 & 0,4 \\ 0 & 0 & 0 & 0,4 & 0 & 0,6 \\ 0 & 0 & 0 & 0,6 & 0,4 & 0 \end{bmatrix}.$$

Drogi połączeniowe (ruting) w domenie DiffServ

**Zad. 2: Obliczenia parametrów jakościowych na ustalonej drodze – IPLR, IPDT, IPDV<sub>max</sub>**

Droga połączeniowa dla ruchu klasy RT {RB1, RR1, RR2, RR3, RB2}

Droga połączeniowa dla klasy NRT {RB5, RR1, RB4}

Wartości przyjęte do obliczeń:  $K1=4$ ,  $K2=31$ ,  $C=150$

### Zadanie 1.

#### Obliczenia $N_{INi}$ oraz $N_{DSP\_INi}$

Tabela 1.1. Zestawienie wyników dla  $N_{INi}$  przy założeniu dopuszczalnego prawdopodobieństwa straty  $B = 0,002$  ✓

Brama(GWi)	$A_i$ [Erl]	$N_{INi}$	
1	180	212	✓
2	340	381	✓
3	460	506	✓

Tabela 1.2. Zestawienie wyników  $N_{PCM30/32\_INi}$

Brama(GWi)	$N_{PCM30/32\_INi}$	
1	8	✓
2	13	✓
3	17	✓

Tabela 1.3. Zestawienie wyników  $N_{R\_INi}$

Brama(GWi)	$N_{R\_INi}$	
1	240	✓
2	390	✓
3	510	✓

Tabela 1.4. Zestawienie wyników  $N_{DSP\_INi}$ , przy założeniu  $n_{DSP} = 4$  ✓

Brama(GWi)	$N_{DSP\_INi}$	
1	60	✓
2	98	✓
3	128	✓

### Obliczenia $N_{OUTi}$ oraz $N_{DSP\_OUTi}$

$$\lambda_{G.729} = 50[1/s] \quad \checkmark$$

Tabela 1.5. Zestawienie wyników dla  $A_{OUT,PSTN\_d}$

GW (i)	$\lambda_{RT_i}$	$\lambda_{G.729}$	$\sum_k WZ_{k,PSTN\_d}^{RT} \cdot A_{IN,k}$	$A_{OUT,PSTN\_d}$ [Erl]
1	11000	50	$0,2 \cdot A_{2,1} + 0,1 \cdot A_{3,1} + 0,1 \cdot A_{4,1} + 0,2 \cdot A_{5,1} + 0,2 \cdot A_{6,1}$	256
2	13000	50	$0,1 \cdot A_{1,2} + 0,1 \cdot A_{3,2} + 0,2 \cdot A_{4,2} + 0,3 \cdot A_{5,2} + 0,3 \cdot A_{6,2}$	288
3	17000	50	$0,4 \cdot A_{1,3} + 0,2 \cdot A_{2,3} + 0,2 \cdot A_{4,3} + 0,1 \cdot A_{5,3} + 0,1 \cdot A_{6,3}$	278

Tabela 1.6. Zestawienie wyników  $N_{OUTi}$  przy założeniu dopuszczalnego prawdopodobieństwa straty  $B = 0,002$

Brama(GWi)	$A_{OUT,PSTN\_d}$	$N_{OUTi}$
1	256	293
2	288	327
3	278	316

Tabela 1.7. Zestawienie wyników dla  $N_{PCM30/32\_OUTi}$

Brama(GWi)	$N_{PCM30/32\_OUTi}$
1	10
2	11
3	11

Tabela 1.8. Zestawienie wyników  $N_{R\_OUTi}$

Brama(GWi)	$N_{R\_OUTi}$	
1	300	✓
2	330	✓
3	330	✓

Tabela 1.9. Zestawienie wyników  $N_{DSP\_OUTi}$ , przy założeniu  $n_{DSP} = 4$

Brama(GWi)	$N_{DSP\_OUTi}$	
1	75	✓
2	83	✓
3	83	✓

**Obliczenia  $c_{IP\_i}^{RT}$**

$$\lambda_{G.711} = 100 [1/s] \quad \checkmark$$

$$b_{cal\_G.711} = 960 \text{ b} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{G.729} = 50 [1/s] \quad \checkmark$$

$$b_{cal\_G.729} = 400 \text{ b} \quad \checkmark$$

Tabela 1.10. Zestawienie przepływności strumieni RT przyjętych do obliczeń

$c_{1,2}^{RT} [\text{Mb/s}]$	2,304 ✓	$c_{2,1}^{RT} [\text{Mb/s}]$	7,488 ✓	$c_{3,1}^{RT} [\text{Mb/s}]$	4,896 ✓
$c_{1,3}^{RT} [\text{Mb/s}]$	9,216 ✓	$c_{2,3}^{RT} [\text{Mb/s}]$	7,488 ✓	$c_{3,2}^{RT} [\text{Mb/s}]$	4,896 ✓
$c_{1,4}^{RT} [\text{Mb/s}]$	0,960 ✓	$c_{2,4}^{RT} [\text{Mb/s}]$	1,560 ✓	$c_{3,4}^{RT} [\text{Mb/s}]$	4,080 ✓
$c_{1,5}^{RT} [\text{Mb/s}]$	0,960 ✓	$c_{2,5}^{RT} [\text{Mb/s}]$	1,560 ✓	$c_{3,5}^{RT} [\text{Mb/s}]$	2,040 ✓
$c_{1,6}^{RT} [\text{Mb/s}]$	0,480 ✓	$c_{2,6}^{RT} [\text{Mb/s}]$	1,560 ✓	$c_{3,6}^{RT} [\text{Mb/s}]$	2,040 ✓

$c^{RT}_{4,1}[\text{Mb/s}]$	0,440 ✓	$c^{RT}_{5,1}[\text{Mb/s}]$	1,040 ✓	$c^{RT}_{6,1}[\text{Mb/s}]$	1,360 ✓
$c^{RT}_{4,2}[\text{Mb/s}]$	0,880 ✓	$c^{RT}_{5,2}[\text{Mb/s}]$	1,560 ✓	$c^{RT}_{6,2}[\text{Mb/s}]$	2,040 ✓
$c^{RT}_{4,3}[\text{Mb/s}]$	0,880 ✓	$c^{RT}_{5,3}[\text{Mb/s}]$	0,520 ✓	$c^{RT}_{6,3}[\text{Mb/s}]$	1,360 ✓
$c^{RT}_{4,5}[\text{Mb/s}]$	1,320 ✓	$c^{RT}_{5,4}[\text{Mb/s}]$	1,040 ✓	$c^{RT}_{6,4}[\text{Mb/s}]$	1,360 ✓
$c^{RT}_{4,6}[\text{Mb/s}]$	0,880 ✓	$c^{RT}_{5,6}[\text{Mb/s}]$	1,040 ✓	$c^{RT}_{6,5}[\text{Mb/s}]$	0,680 ✓

Tabela 1.11. Sumaryczne przepływności strumieni RT oferowanych na GW

Brama (GWi)	Kierunek A Ab. – B Ab. [Mb/s]	Kierunek B Ab. – A Ab. [Mb/s]
1	$c^{RT}_{1,2} + c^{RT}_{1,3} + c^{RT}_{1,4} + c^{RT}_{1,5} + c^{RT}_{1,6}$ ✓	$c^{RT}_{2,1} + c^{RT}_{3,1} + c^{RT}_{4,1} + c^{RT}_{5,1} + c^{RT}_{6,1}$ ✓
2	$c^{RT}_{2,1} + c^{RT}_{2,3} + c^{RT}_{2,4} + c^{RT}_{2,5} + c^{RT}_{2,6}$ ✓	$c^{RT}_{1,2} + c^{RT}_{3,2} + c^{RT}_{4,2} + c^{RT}_{5,2} + c^{RT}_{6,2}$ ✓
3	$c^{RT}_{3,1} + c^{RT}_{3,2} + c^{RT}_{3,4} + c^{RT}_{3,5} + c^{RT}_{3,6}$ ✓	$c^{RT}_{1,3} + c^{RT}_{2,3} + c^{RT}_{4,3} + c^{RT}_{5,3} + c^{RT}_{6,3}$ ✓

Tabela 1.12. Zestawienie wyników dla kierunku A Ab.-B.Ab oraz B.Ab.-A.Ab.

Brama (GWi)	Kierunek A Ab. – B Ab. [Mb/s]	Kierunek B Ab. – A Ab. [Mb/s]	$c^{RT}_{IP\_i}$ [Mb/s]
1	13,9 ✓	15,2 ✓	29,1 ✓
2	19,7 ✓	11,7 ✓	31,3 ✓
3	18 ✓	19,5 ✓	37,4 ✓

15pkt/15pkt

**Zad. 2: Obliczenia parametrów jakościowych na ustalonej drodze – IPLR, IPDT,  $IPDV_{max}$**

Tabela 2.1. Zestawienie przepływności strumieni RT oferowanych na łącza na zadanej drodze

Łącze	Przepływności dla strumienia klasy RT [Mb/s]	
RB1-RR1	$C_{12}^{RT} + C_{13}^{RT} + C_{14}^{RT} + C_{15}^{RT} + C_{16}^{RT} + C_{21}^{RT} + C_{31}^{RT} + C_{41}^{RT} + C_{51}^{RT} + C_{61}^{RT}$	✓
RR1-RR2	$C_{12}^{RT} + C_{13}^{RT} + C_{16}^{RT} + C_{21}^{RT} + C_{31}^{RT} + C_{61}^{RT}$	✓
RR2-RR3	$C_{16}^{RT} + C_{46}^{RT} + C_{56}^{RT} + C_{61}^{RT} + C_{64}^{RT} + C_{65}^{RT} + Crt_{1,2}$	—
RR3-RB2	$C_{12}^{RT} + C_{32}^{RT} + C_{62}^{RT} + C_{23}^{RT} + C_{26}^{RT}$	✓

Tabela 2.2. Zestawienie przepływności strumieni klasy RT oraz natężenia ruchu oferowane na łącza na zadanej drodze

Łącze	Przepływność strumienia klasy RT [Mb/s]	Natężenie ruchu $A^{RT}$ klasy RT oferowane na łącze
RB1-RR1	29,1 ✓	0,1943 ✓
RR1-RR2	25,7 ✓	0,1716 ✓
RR2-RR3	5,8 — 8,1	0,0387 —
RR3-RB2	18,3 ✓	0,1219 ✓

0,054

Tabela 2.3. Zestawienie wyników parametrów jakościowych klasy RT na łączach na zadanej drodze

Łącze	IPLR	E(T <sub>ocz</sub> ) [s]	E(T <sub>nad</sub> ) [s]	E(T <sub>prop</sub> ) [s]	IPDT [s]
RB1-RR1	2.2309 e-04 ✓	1.334133 e-06 ✓	6.4 e-06 ✓	1.5 e-04 ✓	1.579341 e-04 ✓
RR1-RR2	1.2335 e-04 ✓	1.321056 e-06 ✓	6.4 e-06 ✓	3.5 e-04 ✓	3.577211 e-04 ✓
RR2-RR3	8.3091 e-08 ✓	2.574175 e-07 ✓	6.4 e-06 ✓	3.5 e-04 ✓	3.566574 e-04 ✓
RR3-RB2	2.8654 e-05 ✓	8.87467 e-07 ✓	6.4 e-06 ✓	3.0 e-04 ✓	3.072877 e-04 ✓

7/10

Tabela 2.4. Zestawienie wyników parametrów jakościowych klasy RT na łączach na zadanej drodze

Łącze	IPDT <sub>max</sub> [s]	IPDT <sub>min</sub> [s]	IPDV <sub>max</sub> [s]
RB1_RR1	1.194667e-04 ✓	6.4e-06 ✓	1.130667 e-04 ✓
RR1_RR2	1.194667e-04 ✓	6.4e-06 ✓	1.130667 e-04 ✓
RR2_RR3	1.194667e-04 ✓	6.4e-06 ✓	1.130667 e-04 ✓
RR3_RB2	1.194667e-04 ✓	6.4e-06 ✓	1.130667 e-04 ✓

Parametry jakościowe klasy RT na zadanej drodze:

47 - 15pkt  
42 x, czyli 13,5pkt/15pkt

IPLR = 3,7018 e-04 ✓

IPDT = 1,1796 e-03 = 1,1796 ms ✓

IPDV<sub>max</sub> = 4,5226 e-04 = 452,26 μs ✓

Tabela 2.5. Przepływności strumieni NRT obciążające dane łącze na zadanej drodze.

Łącze	Przepływności dla strumienia klasy RT [Mb/s]	Sumaryczna przepływność strumienia klasy RT [Mb/s]	Przepływności dla strumienia klasy NRT [Mb/s]	Sumaryczna przepływność dla strumienia klasy NRT [Mb/s]
RB5-RR1	✓ $C_{51}^{RT} + C_{54}^{RT} + C_{15}^{RT} + C_{45}^{RT}$	4.36 ✓	✓ $C_{54}^{NRT}$	83.968 ✓
RR1-RB4	✓ $C_{14}^{RT} + C_{54}^{RT} + C_{41}^{RT} + C_{45}^{RT}$	3.76 ✓	✓ $C_{54}^{RT}$	83.968 ✓



Tabela 2.6. Natężenia ruchu oferowane na łącza na zadanej drodze.

Łącze	Natężenie ruchu $A^{RT}$ klasy RT oferowane na łącze	Natężenie ruchu $A^{NRT}$ klasy NRT oferowane na łącze
RB5_RR1	✓ 0.02906667	0.5765449 ✓
RR1_RB4	0.02506667 ✓	0.5741794 ✓

Tabela 2.7. Zestawienie wyników parametrów jakościowych klasy NRT na łączach na zadanej drodze

Łącze	IPLR	$E(T_{ocz})$ [s]	$E(T_{nad})$ [s]	$E(T_{prop})$ [s]	IPDT [s]
RB5_RR1	9.4073 e-09 ✓	✓ 1,19 e-4	8,7466 e-05 ✓	✓ 2,5 e-04	4,565547 e-04 ✓
RR1_RB4	8.2937 e-09 ✓	✓ 1,18 e-4	8,7466 e-05 ✓	✓ 2 e-04	4,054073 e-04 ✓

Tabela 2.8. Zestawienie wyników parametrów jakościowych klasy NRT na łączach na zadanej drodze

Łącze	$IPDT_{max}$ [s]	$IPDT_{min}$ [s]	$IPDV_{max}$ [s]
RB5_RR1	2,882725 e-03 ✓	8,746667 e-05 ✓	2,795258 e-03 ✓
RR1_RB4	2,870897 e-03 ✓	8,746667 e-05 ✓	2,783430 e-03 ✓

Parametry jakościowe klasy NRT na zadanej drodze:

15pkt/15pkt

IPLR = 1,7701 e-08 ✓

IPDT = 8,6196 e-04 = 861,96  $\mu$ s ✓

$IPDV_{max}$  = 5,5786 e-03 = 5,5786 ms ✓

### Wnioski i uwagi:

5pkt/5pkt

Wykazano, że klasa NRT, przeznaczona do transmisji danych ma znacznie niższy współczynnik IPLR. Oznacza to, że ma znacznie mniejsze prawdopodobieństwo straty, czego właśnie oczekuje się od klasy przeznaczonej do transferu danych. Najprawdopodobniej tak korzystny wynik jest zapewniony poprzez dłuższe od klasy RT bufony.

Obie klasy wykazały bardzo podobny czas opóźnienia pakietów, nie mniej jednak trzeba przyznać, że klasa RT ma nieco większe opóźnienia od klasy NRT, co było małym zaskoczeniem.

Zmienność opóźnienia klasa RT miała dwa razy mniejszą od klasy NRT, co potwierdza oczekiwania, gdyż usługi czasu rzeczywistego potrzebują stabilnego pod względem opóźnień połączenia.

Badany przypadek jest dosyć optymistyczny, gdyż obie klasy spełniają klasę 0 QoS.

### Jakość usług QoS

Tabela 1. Wytyczne dla klas IP QoS [1]

NRT

RT

Parametr	Znaczenie	Klasy QoS					
		0	1	2	3	4	5
IPDT	Opóźnienie pakietu [ms]	✓ 100	400	100	400	1000	U
IPDV	Zmienność opóźnienia [ms]	✓ 50	50	U	U	U	U
IPLR	Współczynnik strat	✓ $10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	U
IPER	Współczynnik błędnych pakietów	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	U